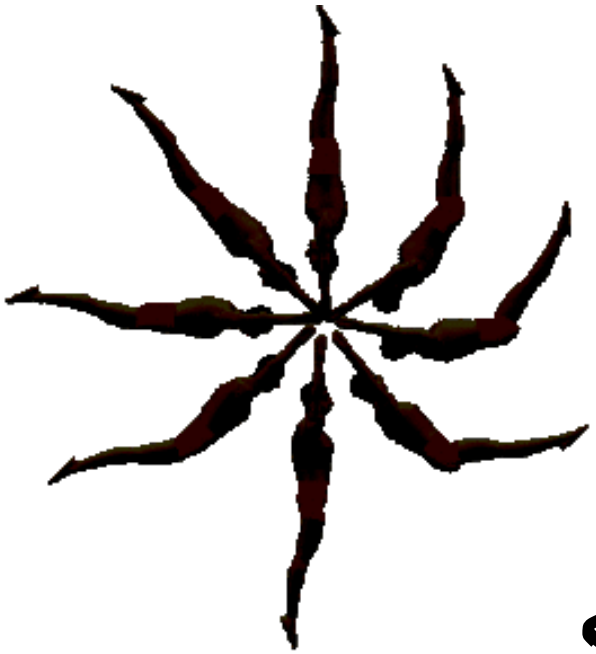
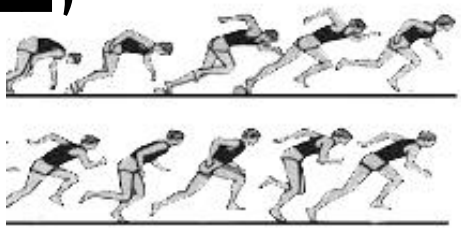
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية الرياضية



التحليل الحركي



للمرحلة الثانية

اعداد
أ.د.علي جواد عبد
أ.م.د.أنيس حسين علي

مفهوم التحليل الحركي :.

يعد التحليل الحركي فرع مهم من فروع علم البايوميكانيك بل وهو الاساس الذي يستند عليه هذا العلم ومنه يستمد بيناته الخام ... وعليه فأن المبدأ الاساسي للمهتم بالبايوميكانيك هو الالمام بقواعد التحليل الحركي والاطلاع عليها بشيء من التفصيل من اجل معرفة مصادر المعلومات وكيفية تأويل الاحداث والنتائج

لذلك فان التحليل الحركي علم يعتمد بالاساس على استخدام القفوانين والاسس المستخدمة في علم البيوميكانيك لغرض دراسة الحركة وتحليلها تشريحيا وميكانيكيا وتمثل كلمة تحليل (Analysis) مفتاحا لتعريف سلوك حركة الانسان او مساره , اي عملية تجزئة الكل الى اجزاء لكي يت دراسة طبيعة تلك الاجزاء والعلاقة بينهما من خلال معرفة دقائق مسار الحركة , ومدى العلاقة بين المتغيرات التي تؤثر في ذلك المسار اي تحويل الظاهرة المدروسة الى ارقام ودرجات . ويقصد بها ايضا الوسيلة المنطقية التي يجري بمقتضاها تناول الظاهرة موضوع الدراسة كما لو كانت مقسمة الى اجزاء او عناصر اساسية .
وانطلاقا من هذا المفهوم لمدلول التحليل يمكن عند دراسة الحركة الإنسانية أن يكون التحليل تشريحا أو فسيولوجيا أو كيميائيا أو نفسيا أو تربويا أو ميكانيكيا– وينبغي أن يوضع في الاعتبار ان تجزئة الظاهرة هنا ليست هدف في حد ذاته وإنما وسيلة لإمكان الوصول إلي الإدراك الشمولي للظاهرة ككل – خاصة إذا كانت ظاهرة حركة الكائن الحي – والذي لا يمكن تحقيقه إلا من خلال تجميع الأجزاء والعناصر في وحدة متكاملة .

ويعد التحليل في المجال الرياضي من العلوم المهمة التي تعتمد على علوم اخرى كالتشريح والميكانيكا الحيوية والفيزياء والرياضيات والعلوم الاخرى المرتبطة بالحركة , لذا لايمكن اجراء تحليل للحركات الرياضية دون ان تكتمل جميع العناصر المؤثرة في ذلك الاداء .
ان التحليل اداة اساسية في جميع الفعاليات والانشطة الرياضية , اذ يبحث في الاداء ويسعى الى دراسة اجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها سعيا وراء تكنيك افضل , فهو احدى وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطوير وكذلك يستخدم التحليل الرياضي في حل المشكلات المتعلقة بالتعلم والتدريب حيث يقوم بتشخيص الحركات ومقارنة اجزائها واوقاتها وقوتها بمعايير معينة تسهل على المدربين والمدرسين اختيار التمرينات المناسبة لقيام رياضييهم بالاداء الحركي الصحيح وخلق ظروف تدريبية وتعليمية خاصة لتحقيق ذلك الهدف . وتوجيه العملية التدريبية والتعليمية (علميا وتطبيقيا) لتمهيد الطريق لرفع وتحسين المستوى الرياضي من خلال استخدام الاسلوب العلمي المستند على التحليل الحركي البيوميكانيكي ,

وهذا يعني تقويم العملية التدريبية والتعليمية بقياسها موضوعيا من خلال استخدام الاجهزة العلمية . لذا فان التطور الحاصل في طرائق التحليل والبحث العلمي في المجال الرياضي بالاعتماد على احدث الاساليب التدريبية والاجهزة التقنية في تتبع المسار الحركي لاداء المهارة لاسيما في الالعاب التي يحتل الاداء الفني جانبا مهما من جوانب التدريب فيها مما يساعد المدربين على معرفة مدى نجاح مناهجهم التدريبية وتحديد مكامن الضعف في الاداء والعمل على تجاوزها .

ان اهمية استخدام تكنلوجيا التعليم والتدريب ويرجع الى تحقيق الاقتصاد في الوقت والجهد لكل من المدرب والرياضي , فضلا عن انه وسيلة لاظهار الاخطاء الشائعة في الاداء وكيفية تلافيها . وعليه فان الوصول الى المثالية في الاداء لا يتم مالم تكن هناك حلول ميكانيكية تتم عن طريق التحليل الحركي للاداء . الذي يعني استخدام القوانين والاسس التي تساعد على توضيح الشكل الرياضي الافضل للاداء الحركي للمهارات وكذلك توضيح الاسباب الميكانيكية للنجاح والفشل في اداء الحركة .

إن تحليل الإنجاز الحركي للرياضي وتقويمه يكون الهيكل الرئيسي لعلوم التربية الرياضية حيث يساعد العاملين فيها على اختيار الحركات الصحيحةالملائمة والمحيطة بالإنجاز الرياضي نتيجة للحقائق العلمية التي يحتاجونها ويحصلون عليها بخصوص التكتيك الصحيح بعد إجراء القياسات اللازمة المختبرة منها والكهربائية الخ التى تختصر الجهد و الوقت مع رفع درجة صدق
النتائج إلى حد يقرب من الكمال بتقليل الأخطاء . والتحليل علم يبحث في الأداء ويسعى إلى دراسة أجزاء الحركة ومكوناتها للوصول الى دقائقها سعيا وراء تكتيك أفضل فهو احد وسائل المعرفة الدقيقة للمسار بهدف التحسين والتطور وأيضا تساعد العاملين فى المحال الرياضى على اكتشاف دقائق الأخطاء والعمل بعد قياسها على تقويمها فى ضوء الاعتبارات المحددة لمواصفات الأداء .

طرق التحليل الحركي:

أن التحليل الميكانيكي يتطلب تحديد القوانين والأسس في توضيح الأداء , كما يجب تحديد الحركة بوضع البحث بدقة كإطار خارجي لها , ويعرض التحليل هناك العديد من الطرق والأدوات والأجهزة المساعدة على التسجيل الحركي ويمكن استخراج بيانات التحليل من خلال الفلم الفيديو أو السينمائي أو من خلال منصة قياس القوة .

وفي دراسات البيوميكانيك يمكننا التعرف على العوامل الكينماتيكية للحركة من خلال التصوير السينمائي أو الفيديو والتحليل الكينماتوجرافي بواسطة المعادلات التفاضلية ومبادئ الميكانيكا , ويمكن من هنا التوصل إلى الخصائص الكينماتيكية للمهارة موضع الدراسة .
لذلك توجد طريقتين للتحليل الحركي هما

ا.التحليل البايوكينماتيكي للمهارات الحركية:

تهتم هذه الطريقة بتوضيح ووصف انواع الحركات المختلفة من حيث الشكل الخارجي لها، عن طريق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والتعجيل على اساس قياسات المسافة والزمن. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ الكينماتيك الذي يعنى بدراسة حركة الاجسام بالنسبة للزمن سواء أكانت خطية ام دائرية، لذا يهتم بالجانب المظهري او الشكلي للحركة مثل المسافة، الزمن، السرعة، الزاوية، ورسم مساراتها الحركية، وتوضيح طريقة الاداء التي يقوم بها الجسم, وتهتم فقط بالعلاقات بين حركات معينة لجسم ما وبين زمنها ومكانها دون التعرض للقوى التي تسبب هذه الحركات . ولذلك تسمى بعلم وصف الحركة وصفاً مجرداً دون التعرض للقوى المسببة لها .

ب.التحليل البيوكيناتيكي للمهارات الحركية:

تهتم هذه الطريقة بالبحث عن الارتباط بين القوة والانواع المختلفة من الحركات، فضلا عن البحث في مسببات الحركة من خلال دراسة القوى التي تؤثر في الحركة. ويطلق على هذا النوع من التحليل بـ الكيناتيك الذي يعنى بدراسة اسباب الحركة والقوى المصاحبة سواء أكانت ناتجة عنها او محدثة لها، وتبحث في مسببات الحركة ونتائج الانقباض العضلي وعلاقته بمثالية الاداء

المفاهيم الاساسية في الميكانيكا الحيوية الرياضية

الميكانيكا الحيوية :ـ "هي دراسة بنية ووظيفة النظم البيولوجية عن طريق أساليب الميكانيك "والتي هي فرع من فروع الفيزياء التي تتطلب تحليل عمل القوى .

أن الميكانيكا كعلم يبحث في حركة الأجسام وسكونها وتنقسم إلى قسمين:

اولا. الاستاتيكا :

والذي هو دراسة الأنظمة التي هي في حالة حركة مستمرة سواء في حالة السكون (مع عدم وجود الحركة) أو التي تتحرك مع سرعة ثابتة . وتبحث في شروط أتزان الأجسام المؤثرة عليها القوى بمعنى دراسة ظروف سكون الأجسام وغالباً ما تتجة هذه الدراسة إلى دراسة الشروط الواجب توافرها في القوى المؤثرة على الجسم لكي تؤدي إلى سكونة أو حركتة .

ثانيا. الديناميكا :

هو دراسة الأنظمة والتي يكون فيها تسارع " تعجيل " في الحركة ، والتي تنطوي على (الكينماتيك) أي دراسة حركة الاجسام من حيث الزمن ، والازاحة ، والسرعة ، وسرعة الحركة ان كان في خط مستقيم أو في اتجاه دائري (والكينتيك) دراسة القوى المرتبطة مع الحركة ، بما في ذلك القوى التي تسبب الحركة والقوى الناتجة عن الحركة . أي تبحث في قواعد العلاقات بين تأثير القوى وبين الحركات المختلفة , كما تبحث في الشروط التي يتم تأثير القوى تحتها .

وبالتالي فإن الميكانيكا الحيوية هي ليست علم الحركة (kinesiology) والذي هو في الغالب اسم آخر للتربية البدنية . فهناك العديد من عناوين الكتب – لكنها محدودة – التي ظهرت في وقت سابق سببت ارباكا في مفهوم الميكانيكا الحيوية ، وخصوصا ان العناوين تشير إلى أكثر من تعريف للميكانيكا الحيوية . ومن الأمثلة على ذلك ، أساسيات الميكانيكا الحيوية الرياضة ، والميكانيكا الرياضية ، والمبادئ العلمية للتدريب ، والميكانيكا الحيوية والتحليل الرياضي ، الميكانيكا الحيوية والاساليب الفنية الرياضية ، الميكانيكا الحيوية لحركة الإنسان ، وعلم الحركة الميكانيكية .

التحليل في الميكانيكا الحيوية :

بشكل عام ، هناك نوعان من الأساليب المستخدمة لدراسة الجوانب الميكانيكية لحركة الإنسان . فهناك المنهج أو الاسلوب الكمي التي يتطلب استخدام الأرقام . وهذا الاسلوب يساعد على استبعاد الجانب الوصفي الموضوعي والاعتماد على البيانات من استخدام أدوات مختلفة . وهو تحليل يمكن التنبؤ به ، بل هو تحليل أكثر علمية في حالة النشر.

وهناك المنهج او الاسلوب الكيفي (النوعي) الذي يعني أن الحركة توصف من دون استخدام الأرقام . ويستخدم هذا الأسلوب كثيرا في التدريب ومن خلال عملية التدريس للمهارات الرياضية . والاسلوبين ، الوصف الكمي والكيفي (النوعي) على حد سواء يلعبان أدوارا" مهمة في التحليل الميكانيكي الحيوي لحركة الإنسان , ويساعد كل من الأسلوب الكمي والكيفي (النوعي) في الحصول على معلومات ذات قيمة كبيرة عن الأداء ويمثل الأسلوب الكيفي أداء لكل من المدرب والمدرس في ممارسة عملة , فهناك العديد من المواقف التدريبية والتدريسية التي يعتمد فيها التحليل على مجرد الملاحظة ثم استرجاع تفاصيل الأداء من الذاكرة عند الشرح أو تصحيح الأخطاء .

1- **التحليل الكيفي (النوعي) :**

وهو تحليل ذاتي منتظم يتطلب المعرفة المسبقة بكل جوانب المهارة لجسم الرياضي من اجل تهيئة معظم مفردات النجاح لتحسين الاداء وبصوره أخرى نستطيع توضيح معنى التحليل النوعي بأنه قدرة المعني على تحليل المهارة والتشخيص من خلال الملاحظة وأعطاء القيم للمتغيرات المراد قياسها للأداء بشكل أقرب الى الدقه للقياس الحقيقي بالأعتماد على ما يمتلكه من معلومات مسبقة في الدماغ, ولهذا يعتمد التحليل النوعي على العرض المباشر للمهارة أو غير المباشر من خلال الأعتماد على وسائل أخرى (تسجيل مرئي, صور متسلسلة) في توفير فرصة أدق للملاحظة والتحليل وبالتالي أعطاء نتيجة أقرب الى الحقيقة (الدقة) . وهو عملية تمييز الفرق وتقدير الاختلافات في استيعاب النتائج الأساسية للتحليل الكمي وإدراكها وتأويلها وتعميقها للوصول إلى الاستنتاجات الواقعية إضافة إلى إيجاد الأسباب غير المباشرة لأخطاء الأداء مقارنة بالنموذج.

الملاحظة :

وهي عبارة عن " عملية تجميع وتنظيم وإعطاء معنى للمعلومات الحسية الخاصة بالأداء الحركي الإنساني " .

إن الملاحظة في التحليل الكيفي ليس قاصرة على استخدام الرؤية فقط ولكن يجب ويتحتم استخدام كل الحواس التي يمكن للمعلم أو المدرب توظيفها من أجل تجميع المعلومات فعلى سبيل المثال , قد يعتمد مدرب اللياقة البدنية في صالة الألعاب على معلومات حركية . فإن المعلومات التي يحصل عليها من وضع الأيدي والجهد ألبدني لمساعدة اللاعب على إتمام المهمة تعد هامة وحساسة في التحليل الكيفي والكمي . والمعلومات السمعية الخاصة بالإيقاع قد تكون هي أيضاً نقطة مهمة للملاحظة في التحليل بالنسبة لمدرب اللياقة البدنية , أو المعالج النفسي , لذلك الملاحظة الجيدة تتضمن استخدام كل الحواس من أجل جمع معلومات خاصة بالأداء والملاحظة ليست مقيدة بالمعاينة البصرية للحركة .

2- التحليل الكمي:

يعد التحليل الكمي من أدق أنواع التحليل وأهم شرط فيه هو وجود الأجهزة والأدوات التي من شأنها توفير معلومات ذات دقة عالية تعكس حقيقة الأداء . لذا فالتحليل الكمي هو قدرة المعني على توظيف الأجهزة المستخدمة في تحليل واستخراج قيم المتغيرات للمهارة المطلوبة على أدق وجه, أي نقل صورة الأداء الى لغة رقمية والأستفادة منها في تطوير المستوى الرياضي.

وعليه فأن التحليل الكمي أدق من التحليل النوعي في أعطاء القياس والنتيجة كون التحليل النوعي يعتمد على الخبرات الذاتية التي يتمتع بها المقوم في أعطاء القيم .أما التحليل الكمي فالأجهزة المستخدمة في التحليل هي الأساس في أعطاء القيم. لذلك يعرف التحليل الكمي بانه " الملاحظة المنظمة والحكم الاستنباطي على جودة الحركة الإنسانية من أجل تقدم أفضل المتدخلات العلاجية الملائمة وذلك لتحسين الأداء " . حيث يتعامل هذا النوع من التحليل مع قياس الكمية أو النسب المئوية للمكونات المختلفة للشئ بمعنى تعين المقادير وتحديدها وهي التي تمثل المعلومات الموضوعة عن الخصائص الواقعية للحركة الرياضية وعن توافقها وتعاقب تغير أوضاع الجسم للتابع الزمني وتمثل المحددات الكمية للبارومترات الميكانيكية للحركة (أزمنة , وازاحات , وسرعات , وتعجيل .... الخ).

مثال :

فعندما نذكر أن (س) أسرع من (ص) في قطع مسافة (100 متر) بثلاث ثوان آخذين بعين الاعتبار الفرق الكمي لتفسير الأفضلية , فإننا نستخدم التحليل الكمي الذي يعتمد على وسائل متقدمة في جمع المعلومات مثل الآت التصوير ذات السرعات المرتفعة والعقول الالكترونية وغيرها في جمع لقياس البيانات

وتسجيلها خلال الأداء ويتم استخدام هذة المعطيات الابتدائية من مختلف أجهزة القياس والتسجيل للحركة على أن تعالج أكثر المتغيرات أهمية بالنسبة للأداء إن الحصول على مقاييس بمقادير دقيقة تشكل قيماً عددية.

التحليل الكمي في مقابل التحليل الكيفي :

إن التحليل الكيفي عبارة عن حكم ذاتي بطبيعته وهذا لايعني أنة غير منظم أو مبهم غامض أو عشوائي وفي الحقيقة سوف نرى أن التحليل الكيفي يتطلب معلومات شاملة من العديد من النظريات والعلوم الأخرى , كما أنة يتطلب تخطيطاً وكذلك خطوات منظمة حتى يحقق أكبر الأثر وأقصى درجات الفعالية .

أما التحليل الكمي فإنه يقوم على قياس الأداء فإذا ما كان الممكن التعبير عن الأداء في صورة أرقام أو أعداد فإن التحليل يقوم على البيانات أو معلومات كمية في تلك الحالة . إن التقدير الكمي للبيانات في صور (ثواني , وأقدام , وأمتار , والمستويات في كل ثانية). وفي التقدير الكمي أيضاً قد تكون بعض الذاتية في تحديد مكان وضع شريط القياس أو أين يتم أخذ مقياس متعدد الأغراض والتقدير الكمي لا يضمن الصدق والثبات بصورة آلية كما أن الافتقار إلى التقدير الكمي في التحليل الكيفي لا يعني أن التقييم أقل صدقاً أو ثباتاً بصورة آلية , ويستخدم معظم المعلمين والمدربين التحليل الكيفي في مواقف الممارسة في الحياة اليومية لتشخيص الأخطاء .

التحليل الحركى بصفة عامة مهما اختلفت مستوياته يوفر للمدرس و المدرب النقاط الأساسية التالية :

1. المعرفة التامة و الدقيقة بالمهارات و الحركات المراد تعليمها او التدريب عليها من الناحية الفنية و الأسس العلمية المرتبطة بهذه الفنيات .
2. المعرفة المسبقة باستعدادات الممارسين وامكاناتهم الخاصة .
3. إمكانية ترجمة الحقائق العلمية المرتبطة بالأداء إلى مواقف تعليمية يسهل استيعابها

4. بناء البرامج التدريبية سواء فى الإعداد البدنى او الإعداد المهارى والخططي بناء على هذه الحقائق .

التحليل الحركي وأهميته :

ان الهدف الأساسي للتحليل البايوميكانيكي هو التعرف على مستوى أداء الحركات والمهارات الرياضية في مختلف الألعاب الرياضية ، ليتسنى للمختصين من مدربين وباحثين التعرف على نقاط القوة والضعف في مستوى الأداء الفني وتقويمه بصورة موضوعية وعلى أساس علمي . فالتحليل الميكانيكي للأداء الحركي هو وسيلة موضوعية لتقويم الأداء والعمل على تطويره .

وتكمن أهمية التحليل الحركي فيما يأتي:

1. تحليل الحركات الرياضية وتوضيحها .
2. بحث القوانين وشروط الحركات الرياضية وتطويرها .
3. تحسين الحركات الرياضية او التكنيك الرياضي .
4. الانجاز الرياضي العالي للمستويات العالية .
5. ان التحليل الحركي يستخدم لكل المشاكل التي تتعلق بالتعلم الحركي والانجاز الرياضي العالي .
6. يقوم بتشخيص الحركات وأجزائها ومقارنة هذه الأجزاء المحللة بانجاز حركي آخر .
7. التحليل الحركي يجيب عن الكثير من الأسئلة التي تتعلق بالانجاز الرياضي او كيف يمكن تحقيق الهدف المرسوم او كيف تتم الحركة .
8. ان التحليل الحركي يساعد المدرب في تصور الحركة أولا ثم إيصالها الى المتعلم ثانياً .
9. يساعد على توجيه النصائح العلمية الدقيقة مما يساعد على سرعة التعلم والوصول إلى التكنيكات الصحيحة .
10. يمكننا ومن خلال التحليل الكشف عن اسباب الاصابات الرياضية التي يصاب بها اللاعبين وبالتالي نتمكن من تحديد طريقة العلاج. كذلك الابتعاد عن عدم تكرار الاصابة.
11. يعد الكشف المسبق لاخطاء الاداء عند اللاعبين بمثابة وقاية لاصابة اللاعبين جراء بعض اخطاء الاداء لديهم.

12. من خلال التحليل يمكن معرفة حدود العمل العضلي لكل عضلة ومفصل للمقاومة المسلطة. ومن خلال ذلك نستطيع ان نستبق الاصابات التي قد تحدث للاعبين جراء تحمليهم مقاومات أعلى من المطلوب اثناء التدريب او المنافسات.
13. ان معرفة الحدود القصوى للمقاومات المسلطة على كل عضلة ومفصل في جسم الرياضي يعد من الاهمية اثناء العلاج الطبيعي للرياضيين المصابين عند التاهيل.
14. تحديد المقاومات اللازمة لكل عضلة ومفصل والمستخدمة في العلاج الطبيعي للرياضيين المصابين عند التاهيل من خلال اختيار زاوية العمل العضلي المناسب وكذلك المقاومة المناسبة. إذ يمكننا زيادة وتقليل الحمل على العضلة وبنفس الوزن المتوفر لدينا وذلك بتغيير زاوية العمل العضلي.

مراحل التحليل الحركي :-

1. مرحلة ما قبل التحليل

أ- التخطيط للمشكل

- الاحساس بالمشكلة
- تحديد المشكلة
- وضع الاهداف
- تحديد المتغيرات
- تحديد اساليب القياس
- فرض الفروض (الفرض الذي يحدد الاستفادة من المتغير)
- استخلاص النتائج (مدى صحة المتغيرات التي فرضت)
- تفسير النتائج

ب- التجهيز للتصوير

- يتم فيها دراسة المكان وادوات التصوير
- اعداد من يقوم بالتصوير
- التجربة الاستطلاعية

2. مرحلة التحليل الفعلي

- تنفيذ التصوير (ضبط جميع المتغيرات التي لها علاقة بالتصوير)
- ادخال الافلام الى الكومبيوتر .
- معالجة الافلام .
- تحليل الافلام ومعالجة الاخطاء .

3. مرحلة ما بعد التحليل :

الحصول على النتائج ومعالجتها احصائيا وتفسير النتائج نظريا لتحقيق الفروض .

مستويات التحليل الحركي :

المستوى الأول :

" التحليل بغرض التعرف على الخصائص التكنيكية للمهارة "

ويعتبر هذا النوع من أسهل أنواع التحليل حيث يتم دراسة المسارات الحركية للمهارة من حيث مجموعة الخصائص الميكانيكية التي تميزها كأن تتم دراسة المسارات الحركية بقوانين الحركة الخطية أو الدورانية لحساب قيم المتغيرات المميزة للمسارات وتحديد أهم الخصائص .

المستوى الثاني :

" التحليل بغرض الكشف عن عيوب الأداء "

ويعتبر هذا المستوى بالمعرفة المسبقة لأهم الخصائص التكنيكية المميزة للمهارة المدروسة وقيم هذه الخصائص على أساس أن التحليل يتم بمقارنة قيم المتغيرات في كلتا الحالتين للتعرف على أوجة القصور .

المستوى الثالث :

" التحليل بغرض المقارنة الأداء بالمنحنيات النظرية "

وتتمثل صعوبة هذا النوع من التحليل في استنتاج المنحنيات النظرية للخصائص المراد مقارنة أداء الأطفال بها ومدى ما يمكن إقتراحة من تطوير في أسلوب الأداء بهدف محاولة الوصول بقيم المتغيرات المدروسة إلى الحدود القصوى التي تشير إليها المنحنيات النظرية .

المستوى الرابع :

" التحليل بغرض الدراسة النظرية لحركات النماذج "

وهو أصعب أنواع التحليل وأكثرها تقدماً حيث يتم دراسة مسارات بعض المهارات الرياضية على النماذج المصنعة بهدف دراسة إمكانية ظهور احتمالات حركية جديدة على هذه النماذج من ناحية وإمكانية تطبيقها على الجسم البشري من ناحية أخرى ومن هنا تظهر أهمية البحوث في تعديل وتطوير طرق الأداء للعديد من المهارات الرياضية كما أن لهذا النوع من التحليل أهمية كبيرة فيما ظهر حديثاً من مهارات مبتكرة لم يسبق التعرف عليها من قبل كما هو الحال في جميع الرياضات

ويمكن تقسيم التحليل الميكانيكي الحيوي في أربعة مجالات .

1- التحليل اللاسينمائي (analysis noncinematographic)

2- التحليل السينمائي الأساسي (basic cinematographic analysis)

3- التحليل السينمائي الوسطي (intermediate cinematographic analysis)

4- بحوث الميكانيكا الحيوية (Biomechanics research)

التحليل اللاسينمائي :

هو الأسلوب الفني التحليلي الأكثر شيوعا المستخدم في الألعاب الرياضية من قبل المدربين والرياضيين وغيرهم . وهو الاسلوب الذي لايستخدم فيه أي فيلم أو شريط فيديو في الحصول على الأداء و / أو أي جزء

من الاجزاء الاساسية عند تنفيذ المهارة الحركية . فهو يتطلب اسلوبا نظاميا للمراقبة (الملاحظة) ، ثم يتم بعد ذلك تحليل المهارات ، ولكنه لا يتطلب عمليات حسابية معقدة . بل يتطلب فهما كاملا لمبادئ الميكانيكا الحيوية . ومن الواضح ، ان التحليل النوعي يخضع لبعض الخطأ في التفسير .

التحليل السينمائي الأساسي :

هو الأسلوب الفني التحليلي الذي يتطلب فيه استخدام فيلم أو شريط فيديو لتحسين الأداء . وهو لا يتطلب أي حسابات رياضية . وواحدة من مميزات التحليل السينمائي cinematographicهو اننا يمكن أن نرى الحركات بشكل بطيء)جزء بعد الجزء الاخر) وهذا الاسلوب في التحليل الذي يسمح برؤية ما حدث بالفعل في مقابل ما تفكر انت بوقوعه . وهو يساعد في الحد (التقليل) من حجم التخمين في العمل ، وبالتالي يعمل على تصحيح الخطأ في المهارات الحركية نظرا لأنه تحليل نوعي .

التحليل السينمائي الوسطي :

هو الأسلوب الفني التحليلي الذي يتطلب بعض الحسابات الرياضية لتعزيز التحليل .وان استخدام الفيلم في هذا الاسلوب من التحليل ضروري لغرض التقاط المهارات الحركية والقيام بتحليلها لاحقا . وهو تحليل كمي ، حيث يتم حساب السرعة والقوة (جنبا إلى جنب مع غيرها من البيانات (، وبالتالي فان ذلك يسمح لخفض كبير في تخمين العمل في تحليل الأجزاء المكونة للمهارة المعينة .ونتيجة لذلك ، فإن التحليل يزيد من فرص تعليم المهارة بشكل صحيح .

بحوث الميكانيكا الحيوية :

يتطلب هذا الاسلوب الى معدات في الميكانيكا الحيوية متطورة للغاية ، مثل الكاميرات عالية السرعة ، وجهاز تخطيط العضلات ، ومنصات القوة ، ومحولات الطاقة ، والحواسيب ، وأكثر من ذلك بكثير . وتسمح هذه المعدات بتحديد دقيق جدا للعوامل التي تؤثر على أداء الإنسان .

ويعد هذا الأسلوب من أساليب النشر في المجلات العلمية ، وعادة ما تكون هناك حاجة لشهادة الدكتوراه في الميكانيكا الحيوية . وكما قد يتصور ، فإنه يستغرق الكثير من الوقت للحد من البيانات قبل أن تعامل مع الإجراءات الإحصائية.

الأهداف الميكانيكية الأساسية للتحليل الحركى لمعظم المهارات الرياضية :

ان استخدام الهدف الميكانيكى الاساسى فى تصنيف المهارات الرياضية ليس إلا تحديد مبدئي يساعد فى التحديد القاطع لبدايات ونهايات المراحل التى يمكن أن تقسم لها المهارة , والجدول ادناه يوضح بعض المهارات الرياضية والاهداف الميكانيكية الخاصة بكل مهارة .

ت	المهارة	الهدف الميكانيكي الاساسى
1	قرص,رمح,جلة, وثب طويل	انطلاق الأداة أو الجسم لأقصى مسافة أفقية
2	وثب عالى, زانة,دورانات هوائية	انطلاق الأداة أو الجسم لأقصى ارتفاع رأسي
3	السهام ,الرماية,التصويب بأنواعه	انطلاق الأداة بمستوى عالى من الدقة
4	الضرب الساحق,الإرسال فى التنس, الإرسال فى الكرة الطائرة	انطلاق الأداة بمستوى عالى من الدقة مع توافر عنصر السرعة
5	السباحة,المصارعة ,الجودو , السباحة	التغلب على مقاومات.
6	جمباز , باليه ,غطس , كمال أجسام	تحريك الجسم واجزائة لإنجاز نمط حركى محدد
7	الغوص , تسلق الجبال	تحريك الجسم فى ظروف بيئية ميكانيكية مختلفة

التحليل الحركي وفقا لمراحل الحركة (الزمن والازاحة والسرعة والتعجيل):-

بعد اكتشاف الة التصوير السينمائية والتي كانت تلتقط 24 صورة في الثانية وهي سرعة التقاط الحركة لدى الانسان (بواسطة العين) استطعنا تحليل الحركات الرياضية ولكون بعض الحركات الرياضية تؤدى بسرعة عالية مثل اللكمة المستقيمة في الملاكمة وضرب كرة التنس اصبحت الحاجة الى ابطاء الصور في

هذه الحركات لمتابعتها بشكل افضل من خلال عرض دقائق الحركة فظهرت الة التصوير التي تلتقط 48 صورة في الثانية وهي أتاحت رؤية الحركة بضعف وجودها في الحقيقة مقارنة بالعين البشرية ، بعد ان تم التقاط 48 صورة في الثانية تم عرضها على شاشة بيضاء بالة عرض سينمائية تعمل على 24 صورة بالثانية فظهرت الحركة بطيئة أي ان العملية عكسية كلما زادت سرعة الة التصوير بطئت عند العرض ، ثم تم اكتشاف 64 صورة في الثانية وهكذا الى مئات الآلاف من الصور في الثانية ، ثم ظهرت تقنية التصوير الفديوي بالتقاط 25 صورة في الثانية في نظام (بال) و30 صورة في الثانية بنظام (اين تي ايس سي) ثم تطورت فظهرت آلات سريعة جدا. وظهرت آلات ارتبطت بالحاسوب مع برامج التحليل الحركي ورافقتها بعض البرامجيات التي لها القابلية على تقطيع الفلم الى صور (كادر (ويتم ترقيم هذه الصور مع البدء باعطاء الرقم صفر للصورة التي تعتبر بداية الحركة أي المرجع او الصورة التي ستقارن بها الصور الاخرى (نسبية الحركة)ثم الاستمرار باعطاء ارقام الى نهاية الهدف من الحركة.

بعد ان يتم تصوير الحركة المعينة يتم تقطيع الفلم الى صور ووفقا لهدف التحليل يتم تحديد الصور المناسبة التي تخضع للتحليل ، وفي مجال التربية الرياضية يمكن ان يتم تقسيم الحركات لغرض تحليلها وفقا لمراحلها الفنية التي وردت في المصادر او وفقا لمتابعة جزء معين في اوضاع معينة مثل متابعة التغيرات التي تطرأ على زاوية مفصل الركبة في الهبوط وعند اقصى انثناء وعند اخر تماس مع لوحة الارتقاء في الوثب الطويل، ولكننا نتعرض هنا الى تحليل الحركة منذ حدوثها ولحين الانتهاء من هدف الحركة وعليه فان الصور التي تم تقطيعها يتم ترقيمها وبدءا باول صورة فنعطي لها الرقم (صفر) ونستمر بترقيم الصور ثم بعد ذلك يمكن فقط تحليل الصور بالارقام الزوجية او الفردية ولكن يجب على الاقل الالتزام بخطة معينة فمثلا الصورة رقم 1 ثم الصورة رقم 7 ثم الصورة رقم 9 ثم الصورة رقم 20 وهكذا والسبب في ذلك بحسب الهدف من الحركة فتحدث في بعض الحركات ان تقل اهمية الصور البينية من 1 الى 7 مثلا بسبب ثبات الحركة هناك او امور اخرى

في التحليل الحركي علينا معرفة نقطتين هامة:

1-الزمن

2-المسافة الحقيقية (مقياس الرسم)

الزمن : من المهم معرفة زمن حدوث الحركة او الانتقال من صورة الى اخرى

معادلة الزمن هو

$$\text{الزمن} = \frac{\text{رقم الصورة}}{\text{سرعة الة التصوير}}$$

مقياس الرسم : عبارة عن مسطرة تحمل على طرفيها مربعان وكما موضح في الصورة ، عندما نلتقط الصور فانها ستبدو اصغر من الحقيقة لذلك يجب تعديلها وفقا للقانون ادناه

لايجاد المسافات الحقيقية

$$\text{المسافة الحقيقة} = \frac{\text{المسافة في الصورة} \times \text{مقياس الرسم في الحقيقة}}{\text{مقياس الرسم في الصورة}}$$

تصنيف المهارات الحركية من حيث خصائص الحركة:

1- بناء الحركة(التقسيم الزمانى المكانى للحركة).

غالباً ما يمكن تقسيم المهارات الحركية الرياضية إلى ثلاثة أجزاء واضحة ، ولا يبدأ التكوين الحركي بأداء الواجب الحركي بصورة مباشرة إذ يسبق المرحلة الرئيسية التي يتعين أثناءها أداء هذا الواجب الحركي مرحلة أخرى تكون طويلة أو قصيرة ، يطلق عليها اسم "المرحلة التمهيدية" ، وعند الانتهاء من أداء الواجب الحركي ، أي عند انتهاء المرحلة الأساسية فإن الأداء الحركي لا يتوقف لتوه ، وإنما يضعف تدريجياً وهو ما نطلق عليه اسم "المرحلة النهائية" .

و يتكون البناء الحركى فى الغالب لمعظم المهارات الرياضية داخل احد الأشكال التالية :

الحركة الوحيدة ـ الحركة المتكررة ـ الحركة المركبة ـ الجملة الحركية

أولا الحركة الوحيدة :

وهى تتكون من

المرحلة التمهيدية :

تستهدف الإعداد الجيد للمرحلة الرئيسية من الحركة ، والتي يتحقق الهدف الميكانيكى الأساسي ، احتمالات تنفيذ تكون ناجحة ، وهذا على ضوء خاصية الاقتصاد في الجهد ، والمرحلة التمهيدية تظهر بعدة أشكال هي :

- المرحلة التمهيدية في عكس اتجاه الحركة
- المرحلة التمهيدية في نفس اتجاه الحركة
- المرحلة التمهيدية المتكررة
- المرحلة التمهيدية متعددة المراحل

المرحلة الرئيسية :

ترتبط أقرب ما يكون بخاصية الهدف والأصالة ، وتكون هذه المرحلة امتداداً للمرحلة التمهيدية ، ويقع على عاتق هذه المرحلة مسئولية تحقيق الهدف الميكانيكي للأداء الحركي.

المرحلة النهائية :

هي مدى الحركة ، وهذا يعنى الوصول إلى حالة الاتزان الديناميكي للحركة ، ويعنى الوصول إلى السكون النسبي بعد تصويب الكرة على المرمى ، أو الشروع في حركة جديدة ، كما يحدث في الربط بين المهارات .

ثانيا الحركات المتكررة:

تحتوي الحركة الثنائية في حالات السرعة الطبيعية من قسمين وذلك تداخل القسم النهائي مع القسم التحضيري ونشاهد قسمين هما القسم الرئيسي وقسم يشمل القسمين الآخرين.

ملاحظة عدم تقليل السرعة عند الانتقال من القسم التحضيري إلى القسم الرئيسي في الحركات التي تحتاج إلى ركضه تقريبية أو دوران كحركات القفز والرمي وذلك للاستفادة الكلية من القوة التي يحصل عليها الجسم نتيجة للقسم التحضيري

ولها غالباً مرحلتان أو قسمان فقط ، ولكن إذا كان الأداء بطيئاً ، فسوف يظهر لنا ثلاث مراحل حيث مراحل المهارة المتكررة هي :

أ ـ المرحلة المزدوجـة : وهي تطابق كل من المرحلة التمهيدية على المرحلة النهائية.

ب ـ المرحلة الأساسية : يتم فيها إنجاز الواجب الحركي .

كما يوجد عدة أشكال للمهارة المتكررة كما يلي :

المهارة المتكررة البسيطة : التي يؤديها الجسم كله كمهارة واحدة ، ويستمر تكراراها مثل الوثب لأعلى .

المهارة المتكررة المتبادلة : وهي أن يؤدى أجزاء الجسم حركة متكررة بصورة متبادلة ، أي عندما يأخذ أحد الأعضاء الجزء الرئيسي من الحركة يكون الثاني من الجسم في المرحلة المزدوجة مثال السباحة الحرة .

المهارة المتكررة المتلازمة : وهي أن تؤدى أجزاء الجسم المتقابلة نفس الحركة ، وفي نفس الوقت مثال سباحة الدولفن .

المهارة المتكررة المركبة : عبارة عن تكرار مجموعة من الحركات جمل حركية بصفة مستقرة مثال سباق الحواجز .

ثالثا الحركات المركبة:

هي أكثر الحركات الرياضية صعوبة حيث أنها تستهدف تحقيق أكثر من هدف ميكانيكي أساسي ، وبالتالي فإنها تعتبر منظومة من الحركات المنفردة تتخذ نسقاً محدداً ومتطلبات خاصة لكل من هذه المفردات ، حيث قد تحتوى المرحلة الرئيسية منها على أكثر من هدف مطلوب تحقيقه ، فالتصويب من الوثب في كرة اليد نموذج لحركة مركبة تعمل فيها أطراف الجسم في اتجاهات مختلفة ، وبتوقيتات زمنية مختلفة بهدف تحقيق

أكثر من هدف أو واجب حركي ، فالاقتراب والارتقاء وتصويب الكرة أو السقوط على الدائرة لاستلام الكرة وتصويبها أو استلام الكرة من الجري ثم تصويبها نحو المرمى

رابعا الجملة الحركية :

عبارة عن وصل مهارتين ببعضهما بحيث تكون المرحلة النهائيةللمهارةالأولى هي نفسها مرحلة تمهيدية للمهارة الثانية ، مثال عند أداء الجملة الحركية للحركات الأرضية في الجمباز.

2- النقل الحركي :

يعني نقل الحركة التدرج بحركة الأجزاء والمفاصل من حيث مظهرها الخارجي ، والأنواع الرئيسية للنقل الحركي هي من الجذع إلى الأعضاء ومن الأعضاء إلى الجذع وتظهر الاحتمالات الآتية :

النقل من الجذع إلى الذراعين

النقل من الجذع إلى الرجلين

النقل من الجذع إلى الرأس

النقل من الذراعين إلى الجذع

النقل من الرجلين إلى الجذع

تمثل هذه الخاصية أهمية كبيرة في تقويم مستوى الأداء سواء في مراحله الأولى أو في المراحل المتقدمة .

ويعنى النقل الحركي مشاركة المجموعة العضلية المسئولة عن العمل في كافة أجزاء الجسم لبعضها في التوقيتات المناسبة قد تكون المشاركة متزامنة أو متتالية.

3- الانسياب الحركي

عرفت ظاهرة الانسيابية قديما في الحركات الرياضية وهي شرط للحركة الجيدة الاقتصادية وتلعب الانسيابية دورا هاما في جميع الحركات الرياضية سواء كانت وحيدة أو متكررة أو تشكيلية حركية ، ويتم تقييم الانسيابية وفق المحددات التالية :

مجال الحركة وينظر للانسيابية في مجال الحركة تحت الشروط التالية :

الاستمرارية في الحركة من البداية وحتى النهاية دون توقف .

عدم فقدان السرعة المكتسبة اللازمة للتصويب .

عدم إعطاء المنافس فرصة للتدخل حتى تتوقف الحركة.

ب - زمن الحركة

هو التوزيع الأمثل للفترات الزمنية لمراحل وأجزاء الحركة لأن لكل مهارة توزيع زمني خاص بها .

ج- ديناميكية الحركة

وهى إمكانية توزيع القوى على مراحل وأجزاء الحركة بما يتناسب مع دور كل مرحلة من مراحل الأداء الحركي ودور القوة في كل مرحلة .

4- توقع الحركة

يفهم تحت مدلول التوقع الحركي المعرفة المسبقة لهدف المهارة ، وخطة المهارة المرتبطة بهدفها ، حيث تنشط هذه الخطة الأعصاب المسئولة عنها.

وهناك نوعين من التوقع الحركي :

أ ـ التوقع الحركي وهو خاص بالفرد ذاته ، وقد يكون صحيحاً أو خطأ ، فإن اللاعب الذي يقوم بالتصويب بالوثب من أمام المدافعين ، فإنه يتوقع أن يصيب الهدف .

ب ـ التوقع الحركي غير الذاتي وهو تتبع حركات الغير (الخصم أو الأداة).

5- الإيقاع الحركي :

عرف الإيقاع الحركي بأنه تقسيم ديناميكي زمني للحركة بمعنى تبادل لأفعال ديناميكية ذات مقادير واتجاهات مقننة على مدى زمني محدد .

ويمكن تقسيم الإيقاع الحركي إلى بعدين رئيسيين :

أ ـ البعد الأول : وهو التوزيع الزمني لكل جزء من أجزاء الحركة أو المهارة.

ب ـ البعد الثاني : وهو التوزيع الديناميكي المتمثل في القوى المسببة للحركة والمؤثرة فيها .

ويعنى الإيقاع الحركي في النهاية ميزان لأجزاء الحركة من حيث القوى المبذولة في الأزمنة المحددة.

انواع التحليل الحركي/

التحليل الكمي : Quantitative analysis

هوتحليل الذي يأخذ بنظر الاعتبار تحديد القيم الكمية لمكونات أو المركبات الحركة والتى يطلق عليها اسم المتغيرات البايوميكانيكة في البحث العلمي . اي اخضاع هذه المتغيرات الى قياس أو الحساب كالمسافات والازاحات والسرعة والتعجيل وغيره. وعلى هذا الاساس يكون التحليل الكمي أدق بكثير من التحليل النوعي كونه يتوصل الى قيم الدقيقة جداً فتطهر فيه دقة الفروق الفردية بين اللاعب والاخر.كما انه يحتاج الى امكانيات واستخدام وسائل قياس دقيقة من ضمنها التصوير السينمائي او الفيديوي و أستخدام اجهزة دقيقة للقياس .

- التحليل النوعي

هوالتحليل الذي يهدف الى تعريف وتسمية وتقويم مركبات الحركة ومكوناتها برموز أو مسطلحات وليس بقيم رقمية .

التحليل النوعي ينقسم الى قسمين :

التحليل النوعي الاسمي :

وهو التحليل يرمي الى تسمية مركبات الحركة مثلاً : أن اللاعب يدور حول العقلة بإتجاه عقرب الساعة .

التحليل النوعي القيمي :

وهو التحليل يرمي الى إعطاء قيم لتلك المركبات إذ يمكن ذكر المقدار الرقمي للسرعة أو القوة

التحليل الوصفي (الكيمناتيكي – سينمائي) Kinematik :

هو التحليل الذي يعنى بدراسة الحركة من الناحية الكينماتيكية اي الوصف المجرد للحركة من حيث مسارها الهندسية والزمنية. فضلاً عن دراسة المتغيرات كالمسافة والازاحة والسرعة والتعجيل والعلاقات القانونية التى تربط هذه المتغيرات .

التحليل السببي (الكينيتك – تحليل القوة) Kinetic :

وهو التحليل الذي يعنى بدراسة اسباب حدوث الحركة اي الاخذ بالنظر الاعتبار القوى الداخلية والخارجية المحيط بالحركة.

الكينماتيك المستقيم (الخطي)/

يعني علم البيوميكانيك دراسة حركة الكائن الحي ومحاولة الارتقاء بها من حيث طبيعة الحركة المؤداة،والكينماتيك هو احد اقسامة الذي يتطرق الى دراسة الشكل الخارجي الهندسي وتغييراته ،او بتعبير اخر يهتم بدراسة الوصف الخارجي للحركة دون التطرق الى مسببات الحركة.

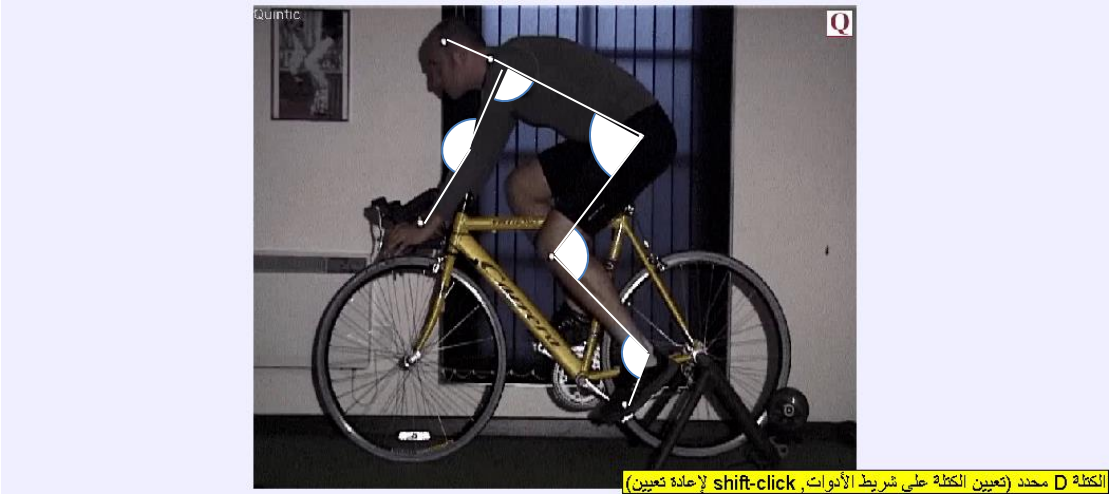
ويطلق في بعض المصادر عليه ((البيوكينماتيك)) اي الوصف الهندسي لحركة الكائن الحي في المكان وتحديد الزمان الذي سيستغرقة دون التطرق الى القوة للوصول الى النموذج الحركي المطلوب . سنتناول اهم المتغيرات التى تقع ضمن هذا القسم.

6-الكينماتيك الزاوي (الدائري)/

ان الذي يفرق الحركة الزاوية من الحركة الخطية هو وجود محور الدوران يتحرك عليه الجسم بأكمله أو جزء من أجزائه .وهذا الامر يغير كثيراً من القيم الميكانيكية . فنجد أن السرعة لاجزاء الجسم تختلف بأختلاف بعدها عن محور الدوران (أي نصف قطر دوران) حيث ان التناسب يصبح طردياً بين سرعة الجسم الدائري على محيط الدائرة أو جزء منها وبعد ذلك الجسم عن محور الدوران ، هذا فضلاً عن اختلاف الوحدات التي تقاس بها بعض المتغيرات الميكانيكية .

كيفية قياس الزوايا :

قياس زوايا مفاصل الجسم : (انظر الشكل المرفق)



تحليل حركات اجزاء الجسم .....

و تقسم الى ثلاثة اقسام رئيسية و هي :

1- الاطراف السفلى : (القدم...الساق...الفخذ) .

2- هيكل محور الجسم : (الجذع...الراس...الرقبة) .

3- الاطراف العليا : (العضد...الساعد...اليد) .

زاوية مفصل القدم : وهي زاوية المحصورة بين التقاء عظم الساق مع عظم مشط القدم .

زاوية مفصل الركبة: وهي زاوية المحصورة بين التقاء عظم الفخذ مع عظم الساق .

زاوية مفصل الجذع : وهي زاوية المحصورة بين التقاء عظم الفخذ مع عظم الحوض المتصل مع الجزء الاخير من الفقرات العمود الفقري .

زاوية مفصل الرأس والرقبة : وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل لعظم الصدخ مع الرقبة (اي نهاية الفترة العنقية) مع نقطة الالتقاء بالفقرات الصدرية (من الخلف).

زاوية مفصل المرفق : وهي زاوية المحصورة بين عظم الساعد مع عظم الساعد .

زاوية مفصل الكتف : وهي زاوية المحصورة بين عظم الذراع مع حزام الكتف .

زاوية مفصل الرسغ : وهي زاوية المحصورة بين عظم الساعد مع عظم مشط اليد .

واهم اتلمتغيرات التي على الباحث حسابها من الحركات الدائرية هي

السرعة الزاوية تقاس ب(درجة / ث)

السرعة المحيطية وتقاس ب(متر \ثانية) :

يمكن تعريف السرعة المحيطية بانها السرعة الخطية على محيط دائرة وتقاس ب(م/ ثانية) وإن أساس أمتلاك السرعة المحيطية هي السرعة الزاوية ونصف قطر الدوران .

السرعة المحيطية = السرعة الزاوية x نصف قطر الدوران
السرعة الزاوية = التغير الزاوي \ قطاع الدائرة
قطاع الدائرة =180\ π

قطاع الدائرة هو مقدار ثابت = 57،3 درجة

س / لماذا قسمنا على قطاع الدائرة ؟

ج/ إن وحدات السرعة الزاوية (درجة/ثانية) ووحدات نصف القطر (م) وقطاع الدائرة وحدته (درجة) إن السرعة المحيطية تتناسب طردياً مع نصف قطر الدوران .أي كلما زاد نصف قطر الدوران زادت السرعة المحيطية والعكس صحيح .

إن السرعة المحيطية تتناسب طردياً مع السرعة الزاوية أي كلما زادت السرعة الزاوية سوف تزداد السرعة المحيطية .

يمكن لنا إستخراج السرعة المحيطية لأي جزء من أجزاء الجسم أو للجسم ككل بشرط وجود محور دوران واحد يدور عليه الجسم .

ولكي نفهم ذلك لابد أن نوضح ذلك بمثال رياضي ولنأخذ على سبيل المثال :

لاعب رامي المطرقة فأنه في بداية الحركة يبدأ بالدوران على تدوير المطرقة أي تدوير المطرقة بواسطة سلك المطرقة عن طريق ثني الذراعين وذلك لزيادة السرعة الزاوية لأن إمتلاك السرعة الزاوية هو أسهل من إمتلاك السرعة المحيطية من بادي الأمر. وعند الرمي يقوم للاعب بمد الذراعين اقصى ما يمكن للحصول على

الحركة في بعدين أو المقذوفات

الحركة في بعدين أو المقذوفات، هو عبارة عن نوع من علوم الفيزياء) فيزياء الميكانيكا) والتي تختص في دراسة حركة الجسم تحت تأثير بعدين أو بمعنى آخر دراسة حركة الأجسام المقذوفة مع محور السينات أو (محور x باللاتينية) تحت تأثير وزن هذا الجسم المقذوف، فمن الأمثلة الشائعة على ذلك: إطلاق قذيفة الدبابة من فوهة دبابة مائلة بزاوية معينة، وحركة كرة السلة أثناء مرورها لتصيب الهدف،

أنواع الحركة في بعدين في مجال الجاذبية الأرضية

تقسم حركة الجسم في مجال الجاذبية الأرضية إلى نوعين، وهما: الأجسام المقذوفة بزاوية الأجسام المقذوفة شاقوليا.

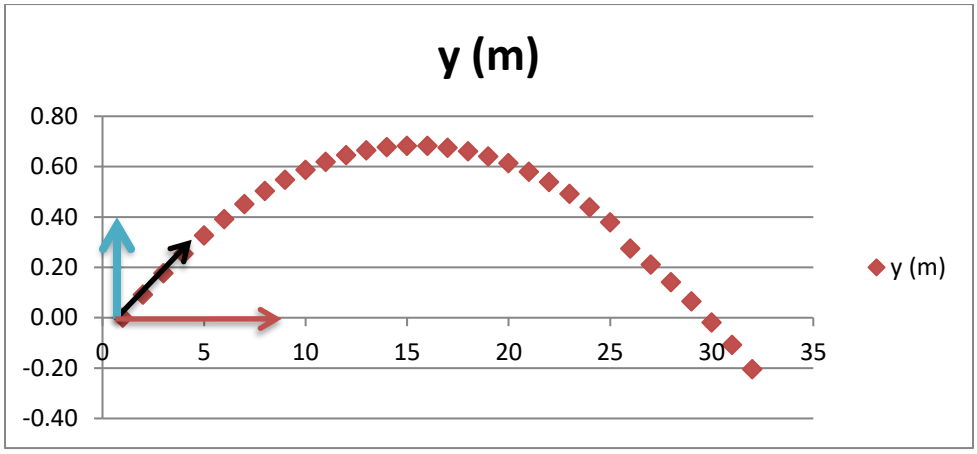
الأجسام المقذوفة بزاوية: هي عبارة عن أجسام تتحرك بخط منحني أو مسار منحني يكون زاوية، وتتغير إحداثيات موضع الجسم الأفقية والرأسية في كل لحظة من حركة الجسم في مجال هذا المسار، لاحظ الرسم الآتي والذي يوضح حركة الجسم في بعض اللحظات من مروره في المسار.

وبما أن المقذوفات هي حركة في بعدين فيمكن تحليل حركة هذه الأجسام في إتجاهين وهما:

حركة منتظمة بإتجاه محور السينات.(x) : وتحسب من : س جتا هـ

او v cosΘ حيث يتم ضرب السرعة المحصلة × المركبة الافقية للزاوية التي انطلق بها الجسم وتكون السرعة الافقية ثابتة على طول مسار المقذوف لا تتغير قيمتها اذا ما اهملنا مقاومة الهواء وهذا يحدث عادة مع المقذوفات ذات المساحة السطحية الصغيرة قياسا بوزنها كالثقل اما كرة القدم فتتاثر بالهواء كثيرا وكذلك الرمح الى حد ما والقرص .

حركة بتسارع في محور الصادات(y) : مع ملاحظة أن التسارع يكون ثابت في مجال الجاذبية الأرضية للأجسام المقذوفة القريبة من سطح الأرض، بحيث أن تسارع الجاذبية الأرضية حوالي (9.8 متر / ثانية مربعة



و يظهر من حركة الجسم المقذوف مصطلحين، وهما:

المدى الأفقي: وهو عبارة عن مقدار المسافة التي قطعها الجسم المقذوف بين نطقة القذف ونقطة السقوط.

أقصى ارتفاع: وهو عبارة عن أقصى ارتفاع يصله الجسم أثناء حركته ففي هذه الحالة يكون الجسم في أقصى بعد ممكن عن سطح الأرض.

الحركة العمودية تؤثر قوة الجاذبية ولتكن الجاذبية الأرضية كمثال في الاتجاه العمودية للأسفل؛ لذا فإن الحركة العمودية لجسم ما تشبه حركة مقذوف رأسي يعطى بالعلاقة ($v \sin\theta$ حيث أن v. تعني السرعة الابتدائية)، وبذلك تنطبق عليها قوانين الحركة بتسارع ثابت في خط مستقيم. و للحركة العمودية في مجال الجاذبية الأرضية عدة علاقات رياضية:

زمن الصعود وزمن الهبوط: وهو عبارة عن الزمن الذي يستغرقه الجسم المقذوف ليصل إلى أقصى ارتفاع، وهو مساو لزمن الهبوط والذي يعني مقدار الزمن اللازم للجسم للهبوط من أقصى ارتفاع حتى نقطة السقوط

(التحليل الحركي في البايوميكانيك) / موقع الكاميرا أثناء التصوير/ الرياضي / الأنارة / خلفية التصوير

عند استخدام الكاميرات في التصوير هناك اسس يجب معرفتها :

1. بعد الكاميرا يجب ان يغطي المجال المكاني للحركة المراد تصويرها.
2. يجب ان تكون الكاميرا بوضع عمودي على وسط الحركة (مركز الحركة)، اذ ان الشعاع اذا لم يكن عمودي على الحركة سوف يظهر اختلاف في قياس الزوايا .
3. يجب ان تكون الكاميرا في مركز الحركة ، أي انه اذا كان طول اللاعب (170) سم وارتفاع طيرانه هو (30) سم ، فسوف يكون مجال الحركة هو (2) متر ، وبهذا يجب ان يكون ارتفاع عدسة الكاميرا هو (1) متر .
4. يجب ن تكون الكاميرا متزنة وثابتة ، حيث يمكن تعييرها بواسطة الفقاعة المائية الموجود في حامل الكاميرة بحيث تكون في المركز .
5. اذا كانت هناك مسافات طويلة للتصوير مثل (القفزة الثلاثية) فيفضل استخدام كاميرتان متقاطعتان بالشعاع أو اكثر وحسب طول المسافة .
6. يجب ملاحظة تداخل التقاطع ألشعاعي في حالة استخدام أكثر من كأميرا

.

لقد ادى تقدم وتطور الاداء المهاري للفعاليات والالعاب الرياضية الى ايجاد اساليب اخرى من التحليل البايوميكانيكي اكثر موضوعية من اسلوب التحليل بالملاحظة، حيث ان تحليل المهارات الحركية عادة مايكون من الصعب تحقيقه بالملاحظة ومع زيادة سرعة الاداء الحركي تزداد معه صعوبة الملاحظة فالعين المجردة لايمكن ان تحلل بصورة دقيقة مايتم في زمن قدره (0,25 ثانية) .

المبادئ الاساسية للتصوير :

نظرا لاهمية التصوير في مجال بحوث ودراسات البايوميكانيك ولكي يتم الحصول على نتائج موضوعية ينبغي على الباحث الالمام باسس التصوير والاجراءات المتبعة وكذلك الامكانيات الواجب توفرها عند القيام بعملية التصوير ومن ثم اجراءات التحليل.وفيما يلي اهم النقاط الاساسية التي يجب اجراءها عند التصوير والتحليل :-

اولا- اجراءات ماقبل التصوير :

هناك مجموعة من الاجراءات الضرورية التي يجب على الباحث او الدارس تحديدها وتنفيذها قبل التصوير ومن اهم هذه الاجراءات :

1. التحديد المسبق للمستوى او المستويات الفراغية التي تتم عليها الحركة او المهارة الرياضية المراد تصويرها ، حيث ان هذا التحديد المسبق سوف يساعد في تحديد مكان وضع الة التصوير بالنسبة للمستوى الفراغي الذي تتم عليه الحركة وعدد آلات التصوير ففي حالة كون الحركة او المهارة تؤدى على مستوى فراغي واحد مثل حركة الرجلين في مرحلة النهوض في الوثب الطويل فانه يمكن استخدام الة تصوير واحدة توضع على احد الجانبين اما في حالة كون الحركة او المهارة تتم على اكثر من مستوى فراغي واحد فانه يفضل استخدام اكثر من الة تصوير واحدة حتى تتحقق الرؤية الكاملة لتفاصيل الاداء كأن توضع الة تصوير من الجانب والة اخرى من الامام او من الاعلى.ولكن هذا لايمنع استخدام اكثر من الة تصوير واحدة عندما يراد تحليل الحركات او المهارات التي تؤدى على مستوى فراغي واحد عندما يكون المطلوب دراسة هذه الحركة بدرجة عالية من الدقة.
2. يجب على الباحث او الدارس ان يحدد العينة التي سيتم تصويرها ومن ثم تحليلها وكذلك الاسلوب الذي سيختار بموجبه هذه العينة حيث ان تحديد عينة البحث وعددهم وعدد المحاولات المصورة لكل واحد منهم ،كلها امور يجب ان تكون محسومة قبل البدء بالتصوير.

3. هناك بعض القياسات الواجب تسجيلها والتي تحتاج اليها بعض الدراسات او البحوث ، وان هدف التحليل هو الذي يحدد هذه القياسات مثل (العمر،الوزن،طول الجسم،اطوال اجزاء الجسم،.....الخ) حيث يتم تسجيل هذه البيانات في استمارة خاصة لكل فرد من افراد العينة.
4. يجب تحضير لوحة ترقيم تستخدم لترقيم اللاعبين او ترقيم محاولاتهم وعادة مايتم تصوير هذه اللوحة قبل البدء بتصوير لكل محاولة حتى يمكن معرفة رقم المحاولة اثناء تحليل الفيلم .
5. يجب على الباحث او الدارس ان يحدد مسبقا فريق العمل الذي سيعمل معه حيث يفضل ان تتم الاستعانة بافراد لهم خبرة في هذا المجال من حيث التصوير واخذ القياسات المطلوبة وان طبيعة وعدد افراد فريق العمل يتحدد من خلال اهداف البحث او الدراسة والاجراءات المتبعة وعدد افراد العينة التي سيتم تصويرها وعدد المحاولات لكل فرد من افراد العينة.

ثانيا– موضع الة التصوير :

يجب ان يكون وضع الة التصوير ثابتا اثناء تصوير الحركة او المهارة الرياضية ، ومن الخطا تحريك الة التصوير بأي اتجاه من الاتجاهات اثناء التصوير حيث ان تحريك الة التصوير سوف يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية المدروسة عن قيمها الحقيقية ، لذلك ولغرض الحفاظ على ثبات الة التصوير يتم استخدام (حامل ثلاثي) حيث تثبت عليه الة التصوير بشكل جيد.

ثالثا– تعامد الة التصوير :

يجب ان يتحرك اللاعب الذي يتم تصويره بزاوية قائمة (90 درجة) مع الة التصوير (البعد البؤري للعدسة) وتعتبر هذه النقطة غاية في الاهمية عندما يقوم الباحث او الدارس بقياس الزوايا حيث ان القيم الحقيقة للزوايا لايمكن الحصول عليها الا في حالة تحرك اللاعب بزاوية قائمة مع الة التصوير فقط،حيث ان الوضع غير العمودي لالة التصوير يؤدي الى اختلاف في القيم الميكانيكية مثل الزوايا وان مقدار هذا الاختلاف في قيم الزوايا يكون حسب وضعية تحريك الة التصوير عن وضعها العمودي . والشكل ادناه يوضح في الحالة – أ – عندما تكون الة التصوير عمودية على مجال الحركة ، والحالة – ب – عندما تكون الة التصوير غير عمودية على مجال الحركة.وفي الحركات الدائرية فيجب ان تثبت الة التصوير (البعد البؤري) بصورة عمودية على محور الدوران.

رابعا– الاضاءة :

تلعب الاضاءة دورا مهما في التصوير وخصوصا اذا ماكان التصوير يتم داخل القاعات الداخلية او المختبرات وهناك مجموعة من العوامل تحدد الشدة المطلوبة من الاضاءة وهي:

1. سرعة تردد الة التصوير : فكلما كانت سرعة تردد الة التصوير عالية كلما احتجنا الى شدة اضاءة اكبر .
2. مكان الة التصوير عن موضع الحركة : فكلما ازدادت المسافة بين الة التصوير ومكان اللاعب كلما كانت الحاجة اكبر للاضاءة .

3. طول مسافة الحركة او المهارة : كلما كانت مسافة الحركة او المهارة المؤداة طويلة (مثل تصوير الركضة التقربية للوثب الطويل او السباحة) كلما كانت الحاجة لشدة اضاءة اكبر .

خامسا خلفية التصوير : يفضل ان تكون خلفية معتمة تمتص الضوء سوداء او زرقاء داكنة ليتميز الجسم المتحرك بشكل واضح.او اي لوحة خلفية توضع خلف الرياضي ويكون لونها مختلف عن لون ملابس الرياضي.

سادسا– مقياس الرسم :

يجب استخدام وحدة قياس (مقياس الرسم) لنتمكن من خلالها قياس المسافة او الارتفاع اثناء اداء الحركات التي تتطلب ذلك، وغالبا مايتم استخدام وحدة قياس على شكل مربعين طول ضلع كل مربع 20 سنتمتر وتكون المسافة بين مركزي المربعين هي 1 متر .

سابعا– تحديد نقاط مفاصل الجسم و الادوات:

احيانا ولكي يتم تحديد حركة جسم اللاعب او احد أجزائه بصورة واضحة جدا تثبت على كل مفصل نقطة واحدة بعلامات يكون لونها مغايرا للون الملابس او خلفية الصورة وغالبا ماتكون هذه النقاط هي: (الرأس،الكتف،المرفق،الرسغ،الورك،الركبة،الكاحل) .وفي الحركات او المهارات التي يتم فيها استخدام الكرات او الادوات مثل فعاليات الرمي (الثقل،الرمح،القرص) او القفز بالزانة او التنس او في كرة الطائرة ..... الخ فيجب ان يكون لون الاداة او الكرة مغايرا للون الجسم والملابس التي يرتديها اللاعب والمجال الذي تتم فيه الحركة.

المتغيرات الميكانيكية التي يمكن قياسها من خلال التصوير:

من خلال التصوير هناك مجموعة من المتغيرات الميكانيكية التي يمكن الحصول عليها، وان الحصول على هذه المتغيرات يعتمد على هدف الدراسة او البحث حيث ان اختيار المتغير الميكانيكي المناسب بما يشمله من مجموعة اجراءات سوف تساعد في الكشف على المكونات الداخلية لاي اداء

حركي، ويمكن استخدام او الحصول على اكثر من متغير ميكانيكي واحد خلال التحليل الواحد ووفقا لاهداف التحليل من الحركة او المهارة المؤداة، ومن هذه المتغيرات الميكانيكية :

1. قياس الزوايا
2. قياس المسافة الافقية
3. قياس الارتفاع العمودي
4. قياس الزمن
5. قياس السرعة(سرعة الانطلاق،سرعة النهوض،سرعة الدوران.....الخ)
6. قياس التعجيل(التعجيل الخطي،التعجيل الدوراني)
7. قياس الطاقة الحركية او الطاقة الكامنة
8. رسم المسار الحركي

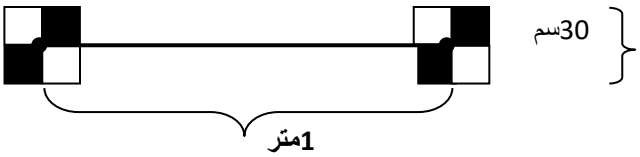
وان اهم العلامات التي يتم تعينها على الجسم لرسم المسار الحركي هي :

1. علامة وسط الرأس من الجانب.
2. علامة وسط الكتف .
3. علامة وسط المرفق.
4. علامة وسط الرسغ.
5. علامة وسط الورك .
6. علامة وسط الركبة .
7. علامة وسط القدم .

(مقياس الرسم)/

لغرض تحويل القياسات المستخرجة من الصورة إلى قياسات حقيقية يجب ان تحول باستخدام مقياس رسم للصورة المأخوذة . ويتم ذلك بعمل لوحة طولها (1) متر تحوي على مربعين بابعاد (30×30)سم وقبل التصوير أو أثناءه يوضع هذا المقياس بقرب الأداة أو موقع اداء الحركة ويتم تصويره . والذي من خلاله نستطيع استخراج مقياس الرسم الحقيقي من خلال المعادلة الآتية :

معامل التحويل = $\frac{\text{مقياس الرسم الحقيقي}}{\text{مقياس رسم الصورة}}$



الارتفاع أو المسافة الحقيقية = مقياس الصورة × معامل التحويل

ملاحظة :

كلما ابتعد مقياس الرسم عن الكاميرا سوف يقل طوله بالصورة .

عندما لا يوجد مقياس رسم تأخذ نقطة ثابتة ومعروفة .

عندما يكون المدى الحركي للحركة طويلا نأخذ أكثر من مقياس رسم واحد .

المجال : مدى الحركة (بداية ونهاية الحركة) .

الزمان : مدة استغراق الحركة .

نوع الحركة : ديناميكية ، ستاتيكية .

- كيفية ايجاد مركز ثقل الجسم

خطوات ايجاد مركز ثقل الجسم

جدول (1)

يوضح القيم المقربة لاوزان اجزاء الجسم (عن جيرد هوخموث)

1	الراس	0.07
2	الجذع	0.43
3	الفخذ	0.12

4	الساق	0.05
5	القدم	0.02
6	العضد	0.03
7	الساعد	0.02
8	اليد	0.01

نقوم بتثبيت وتحديد مفاصل أجزاء الجسم (13) مفصل .

نقوم بتثبيت الأوزان النسبية على الجدول (باعتبار وزن الجسم = 100كغم) .

نثبت الوزن الحقيقي لكتل اجزاء الجسم (عندما لا يكون وزن الجسم لا يساوي 100كغم) ، وذلك من خلال تطبيق القانون الآتي :

$$\text{الوزن الحقيقي للجزء} = \frac{\text{وزن الجزء النسبي} \times \text{وزن الجسم}}{100}$$

فلو كان الشخص وزنه (70) كغم فلمعرفة الوزن المطلق للرأس نقوم بتطبيق القانون اعلاه :

$$\frac{\text{وزن الرأس النسبي} \times \text{وزن الجسم}}{100} \quad \frac{7 \times 70}{100} = 4.9\text{كغم}$$

ويطبق القانون نفسه لاستخراج بقية اوزان اعضاء الجسم الأخرى

نقوم بتثبيت طول كل عضو على الورقة البيانية (القياس بالسنتمتر) ، وذلك برسم خط بين النقاط المؤشرة سابقا (13 نقطة).

ملاحظة : يتم قياس طول الساق من نقطة الكاحل إلى ابعد نقطة في سلاميات القدم والحال نفسه بالنسبة للكف.

اما باقي اجزاء الجسم فيتم تحديد مركز كل جزء بشكل تقريبي

فلاستخراج مركز كتلة العضد مثلا الذي يبلغ قياسه وعلى الصورة (5) سم يكون .

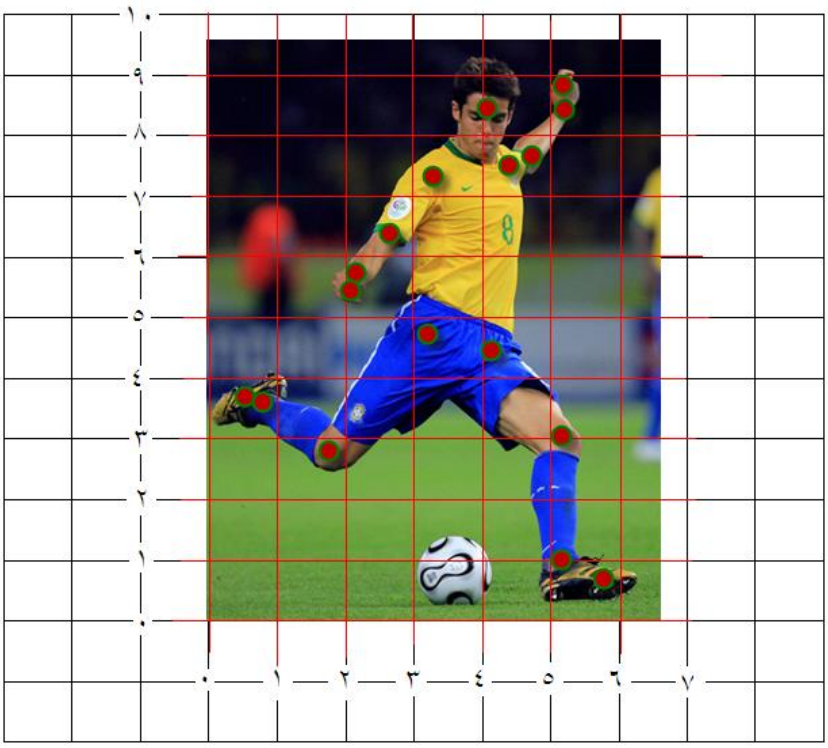
$$5 \text{ سم} \times \frac{43}{100} = 2.15 \text{ سم (يتم القياس من الأعلى إلى الأسفل)}$$

أو

$$5 \text{ سم} \times \frac{57}{100} = 2.85 \text{ سم (يتم القياس من الأسفل إلى الأعلى)}$$

المحور الافقي = (وزن الجزء الاول × البعد الافقي) + (وزن الجزء الثاني × البعد الافقي) + ...

المحور العمودي = (وزن الجزء الاول × البعد العمودي) + (وزن الجزء الثاني × البعد العمودي) + ...



التسلسل	الجزء	الكتلة النسبية (كغم)	الكتلة الحقيقية (كغم)	البعد النسبي (سم)	البعد الافقي (سم)	البعد العمودي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد الافقي (سم)	الكتلة الحقيقية × البعد العمودي (سم)
1	الرأس والرقبة	7.3	6.21	46.6	4	8.5	24.82	52.74
2	الجذع	50.7	43.1	38	3.8	6.5	163.8	280.1
3	عضد أيمن	2.6	2.21	51.3	3	6.6	6.63	14.59
4	عضد أيسر	2.6	2.21	51.3	4.5	7.5	9.95	16.58
5	ساعد أيمن	1.6	1.36	39	2.4	5.9	3.26	8.02
6	ساعد أيسر	1.6	1.36	39	5	8	6.8	10.88
7	يد يمنى	0.7	0.6	18	2.1	5.5	1.25	3.27
8	يد يسرى	0.7	0.6	18	5.1	8.8	3.03	5.24

9	فخذ أيمن	10.3	8.76	37.2	2.5	4	21.89	35.02
10	فخذ أيسر	10.3	8.76	37.2	4.5	3.8	39.4	33.27
11	ساق أيمن	4.3	3.66	37.1	1.4	3.4	5.12	12.43
12	ساق أيسر	4.3	3.66	37.1	5.1	2	18.64	7.31
13	قدم يمنى	1.5	1.28	44.9	0.5	3.6	0.64	4.59
14	قدم يسرى	1.5	1.28	44.9	5.6	0.7	7.14	0.89
المجموع							312.3	484.9
المجموع بعد قسمتها على 100							3.12	4.85

ملاحظة :

عندما يكون الجسم مواجه إلى الامام نقوم بتحديد مركز كتلة الجذع وذلك عن طريق رسم خط بين نقطتي الكتفين واخر بين نقطتي الورك ، ثم نوصل بين منتصف الخطين ونحدد بعدها مركز كتلة الجذع كما ذكر سابقا .

في حالة كون الذراع أو الساق ممدودة ، يتم الاستعاضة عن حساب مركز كتلة الفخذ والساق والقدم بحساب مركز كتلة الرجل .

نقوم بايجاد الكتلة الحقيقية لكل جزء.

بعد تحديد مركز كتلة كل عضو نقوم بتحديد البعد الأفقي والعمودي لمركز كتلة كل عضو وحسب المحورين السيني والصادي .

نقوم بضرب الكتلة الحقيقية لكل جزء × البعد الأفقي ، ومن ثم نقوم بجمع النتائج ، بعدها نقوم بتقسيم الناتج على وزن الجسم ، سوف تظهر لنا قيمة تمثل البعد الأفقي لمركز كتلة الجسم .

يطبق الشيء نفسه بالنسبة لقياسات البعد العمودي لمركز كتلة الاعضاء لاستخراج قيمة التي تمثل البعد العمودي لمركز كتلة الجسم .

نقطة تقاطع القيمتين السابقتين سوف تمثل مركز كتلة الجسم .

كيف يتم حساب عزم القصور الذاتي

ويتم استخراجه من القانون الآتي :

فوائد مركز ثقل الجسم

1. تحديد عزم القصور الذاتي للجسم او لاجزاء الجسم .
2. تحديد زوايا الارتكاز وزاويا الطيران .
3. رسم المسار الحقيقي لحركة الجسم اثناء الطيران في الهواء كما في فعاليات القفز .
4. يسهل حساب المسافة الأفقية والمسافة العمودية المقطوعة في اثناء العدو واثناء الحركة .
5. مسافة الخطوة تحسب على اساس مركز ثقل الجسم .
6. في حساب القوة الأفقية، من خلال القوة العمودية ومعرفة ارتكاز مركز ثقل الجسم تحسب القوة العمودية.
7. السرعة الزاوية ، التعجيل الزاوي .
8. الاتزان، يعتمد على مركز ثقل الجسم .
9. في حساب ركز الثقل المركب (لاعب وأداة ، لاعب ولاعب آخر) .
10. تقييم فن الأداء .
11. أساسي في الحركات الانتقالية .

التحليل البيوميكانيكي باستخدام التصوير الفيديوي وبرامجيات الكومبيوتر :-